

文章编号: 1006-4354 (2008) 05-0017-04

陕南一次暴雨天气过程的诊断分析

赵 强, 程 路, 孙军鹏

(商洛市气象局, 陕西商洛 726000)

摘 要: 应用常规气象观测资料、NCEP ($1^\circ \times 1^\circ$) 再分析资料和 FY-2C 气象卫星资料, 对 2007 年 7 月 28—29 日发生在陕南丹凤的暴雨天气进行综合分析。结果表明: 贝加尔湖的阻塞高压使得中高纬环流形势稳定, 河套低涡、副高位置稳定少动, 商洛处于稳定的东高西低的环流形势是本次暴雨的大尺度环流背景; 低涡切变, 低空西南急流为本次暴雨过程提供了充沛的水汽和能量条件, 暴雨区上空存在着明显的水汽通量辐合中心, 中层干冷空气由东北向下侵入暖气团, 在雨区上空形成对流不稳定区。暴雨区上空 900~300 hPa 都为正涡度区, 为一深厚的气旋性涡旋, 有利于对流的发展, 雨区垂直运动发展旺盛且深厚, 为大降雨提供了抬升条件。散度垂直分布从对流层低层到高层呈现辐合一辐散的双重结构, 有利于对流的发生发展。

关键词: 暴雨; 低空急流; 水汽通量辐合; 中- α 尺度对流云团; 对流不稳定

中图分类号: P458.121

文献标识码: B

1 降水实况

2007 年 7 月 28—29 日, 地处陕南东部的商洛普降中到大雨, 其中丹凤出现了暴雨天气, 局部大暴雨。降水过程主要集中在 28 日夜间。28 日

15 时至 29 日 08 时, 丹凤县普降暴雨, 5 个乡镇出现了大暴雨。其中铁峪铺镇降水量高达 259.7 mm (图 1), 遭受百年不遇特大洪水灾害, 为历史罕见。强降雨造成多处山体滑坡, 泥石流, 造成

收稿日期: 2008-04-25

作者简介: 赵 强 (1981-), 男, 陕西商南人, 学士, 助工, 从事天气预报工作。

提交请求之后立即返回, 能继续响应用户事件, 客户端代理等待服务器返回的结果, 触发界面响应处理过程。

5 结束语

目前本系统的三维气象信息共享平台部分已投入气象业务试运行, 实现了在较高精度地理信息支持下三维场景下全省 800 余个气象站点信息的实时显示、查询定位、时间序列图、等值线分析以及数值预报产品、遥感、雷达等相关信息的显示和叠加等功能, 可为陕西省各级气象部门直观了解气象实时气象信息提供一定帮助。

气象资料种类繁多、格式较复杂, 导致 GIS 应用系统空间数据处理和分析功能复杂、涉及的数据量大、与数据库之间的数据交互频繁且对网络、服务器和 WEB GIS 应用服务要求很高。因

此, 如何更合理地在客户机与服务器之间分配工作, 以平衡两者间的压力, 提高系统数据分析、空间操作的实时性等问题, 有待进一步解决。

参考文献:

- [1] 沈 静, 吴健平. 基于 WBSERVICE 的 WEB GIS 的设计与应用 [J]. 遥感技术与应用, 2004, 19 (2): 138-142.
- [2] 刘 琦, 潘瑜春. 基于 B/S 模式的 WEB GIS 应用系统研究 [J]. 计算机工程与应用, 2004, 20 (20): 176-179.
- [3] 张 胜, 康志伟. 基于 .NET 技术的 WEB GIS 系统的设计与实现 [J]. 计算机工程, 2006, 32 (15): 106-108.
- [4] 卞永刚, 王茜. 基于 ASP.NETWEB 服务集成企业信息 [J]. 微机发展, 2004, 14 (1): 3436.

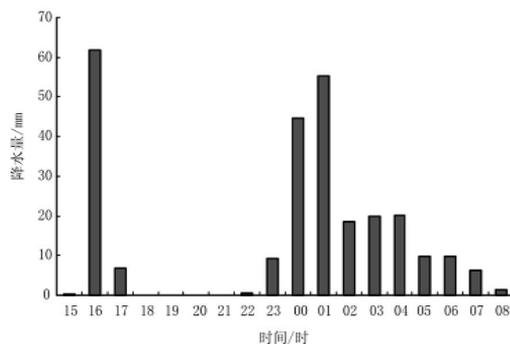


图1 2007-07-28—29 丹凤铁峪铺自动站逐小时降水直方图

312 国道中断, 通信一度中断。此次暴雨过程共造成 23 人死亡, 26 人失踪。

2 卫星云图分析

造成这次丹凤暴雨的对流云团是一次中- α 尺度的对流云团, 从逐时的 FY-2C 卫星红外云图的演变情况来看, 中- α 尺度对流云团从生成、发展、减弱到消亡阶段, 历时近 18 h。降水强度自 28 日 23 时到 29 日 07 时一直较大。7 月 28 日

15 时的卫星云图显示, 陕南的安康有一对流云团 A 在发展, 云顶亮温 t_{BB} 达到 -50°C 以下, 对照天气图可以发现, 是河套低涡东移南压发展而成, 同时丹凤上空也有一小尺度的对流云团 B, B 云团直径小于 50 km, 18 时就东移消散, 维持了 2 h, 造成了丹凤 15—17 时的短时强降水。随后, 在副高外围西南气流的引导下, 对流云团 A 向东北方向移动并发展, 18 时云团成圆形, 直径达 150~200 km, 20 时云团面积最大。20—22 时, 云团面积略有减小, 但中心 t_{BB} 保持在 -40°C 以下。23 时云团开始发展并向东移动到丹凤上空。29 日 00—04 时云团深对流中心一直处于丹凤上空, 最强对流区 t_{BB} 达 -55°C , 从丹凤铁峪铺自动站逐时降水量图可以看出 00—04 时也是降水最强时段, 降水强度保持在 10 mm/h 以上, 随后云团继续向东北方向移动, 08 时移出丹凤境内, 降水结束。从影响商洛的中- α 尺度对流云团发生发展的演变情况看, 对流云团的水平尺度约为 200 km, 呈圆形或椭圆形, 云顶亮温 t_{BB} 小于 -40°C , 维持时间在 10 h 以上。属于较典型的中- α 尺度对流云团。

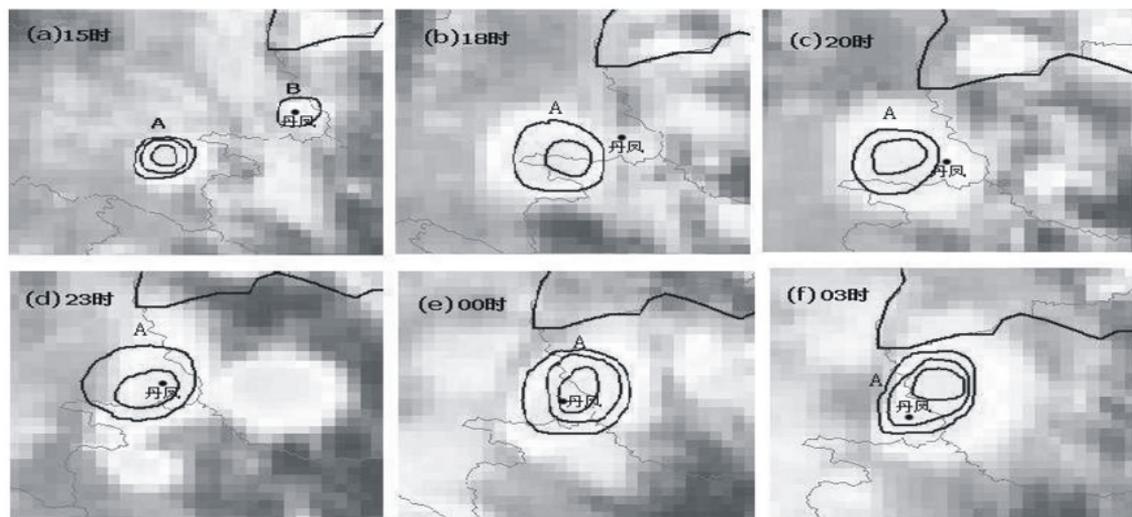


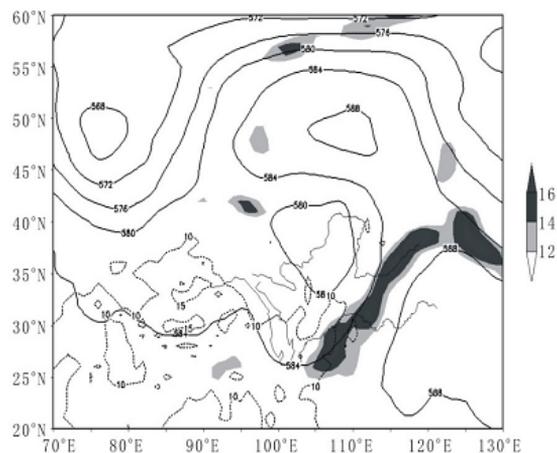
图2 2007-07-28T15—29T03 FY-2C 红外云图 (图中给出 $t_{BB} < -30^{\circ}\text{C}$ 的等值线, 间隔为 10°C)

3 环流形势

暴雨天气过程前期, 中高纬度欧亚环流形势为两槽一脊型, 贝湖地区有宽广高压脊维持并加强, 形成阻塞形势 (图 3), 河套地区有一低涡维

持, 副热带高压稳定少动, 28 日河套的低槽与南支槽合并加深, 从云贵高原经四川、重庆一直到陕西北部, 都处于较强的西南气流里。28 日 08 时, 西安西南风风速达 16 m/s, 汉中、安康站也

达 12 m/s。商洛处于副高边缘, 当 28 日和 29 日夜间接低涡南压带来冷空气, 就造成了商洛东南部



实线为 500 hPa 高度/dagpm; 虚线为 700 hPa 比湿 / (g/kg); 阴影区为 700 hPa 风速超过 12 m/s 区域

图 3 2007-07-28T08 高空形势

700 hPa 上, 28 日 08 时贵阳—重庆—安康一线有一风速超过 12 m/s 的西南急流, 商洛处于西南急流左侧的出口区, 西南急流带来的大量水汽和不稳定能量在这里集中, 是暴雨、大暴雨产生和维持的重要原因。从 28 日 20 时 700 hPa 比湿场可以看出来, 从云贵经四川向陕南有一条比湿超过 10 g/kg 的湿舌, 商洛处于湿舌中。28 日夜间接, 随着低涡南压, 带来了冷空气与副高前部的高能、高湿气流交汇在陕南东部地区, 造成了商洛的暴雨天气。

4 水汽、热力条件分析

4.1 水汽条件

高原东侧一带地处内陆, 地形复杂, 通常低层大气比较干燥。这也是该区域与我国东南部地区相比无论年雨量和暴雨日都明显少的主要原因, 因此, 对高原东侧持续性暴雨、大暴雨的形成和维持, 水汽条件就显得更加重要^[1]。水汽通量分析显示, 暴雨期间, 低槽前云贵到四川一带一直维持一条西南—东北向的水汽通道, 暴雨发生的 28 日, 水汽输明显加强, 重庆到湖北西北部有个水汽通量大值中心 (图略), 商洛东南部水汽通量值也达到了 160 g/(cm·hPa·s)。高原东侧一带持续大量的水汽输送为持续性暴雨的形成提

供了充沛的水汽条件。低层西南急流是导致高原东侧水汽通道建立和维持的直接原因。低空急流对暴雨的形成一方面起着输送水汽和能量的作用, 另一方面又是暴雨产生的动力学条件。29 日 02 时, 水汽通量散度沿 110°E 垂直分布 (图 4) 表明: 450 hPa 以下均为水汽辐合区, 有两个水汽辐合中心, 一个在 925 hPa, 中心值达到了 -7×10^{-7} g/(cm²·hPa·s); 另一个最大水汽辐合中心在 700 hPa, 最大为 -8×10^{-7} g/(cm²·hPa·s)。29 日 00—04 时是丹凤最强降水时段, 此时, 中低层的水汽辐合也达到最大。可见, 水汽强辐合为暴雨区提供了充沛的水汽。暴雨过程强降水时间、落区与中低层 (850~500 hPa) 水汽通量辐合强度和位置的对应关系较好。

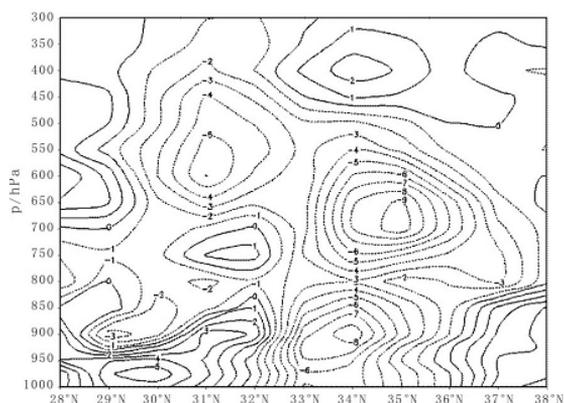


图 4 2007-07-29T02 水汽通量散度沿 110°E 纬度—高度剖面图 (单位: 10^{-7} g/(cm²·hPa·s))

4.2 热力条件

暴雨的落区和强度变化与 850 hPa 能量锋区位置和强度变化有密切相关。27 日 20 时开始 850 hPa θ_{se} 图 (图略) 上, 从重庆伸向山西南部有一高能舌, 假相当位温达到 75°C 以上, 商洛位于高能舌中。28—29 日能量锋区缓慢东移, 28 日 20 时能量锋区中心大值达到 80°C, 28 日夜间降水明显增强。之后, 能量锋区南压。从图 5 可看出, 强降雨前, 700~500 hPa 高空有干冷空气从东向西、从上到下侵入暖气团, 在 34°N 上空 700 hPa 以下为大于 75°C 的高能暖湿气团, 而中层由于干冷空气的侵入形成上干冷下暖湿的不稳定区, 雨

区上空为 θ_{sc} 等值线密集的高空能量锋区, 850 hPa 与 700 hPa 的假相当位温差值达 12°C 以上, 有利于对流发展。降雨开始后, 在雨区上空对流发展旺盛, 潜热大量释放, 且随着上升气流向上输送, 雨区上空形成深厚的高能区。本次暴雨过程, 中空东北路干冷空气的侵入, 使得雨区上空对流不稳定加强, 有利于暴雨的发生。这与李社宏^[2]等指出的“中空干冷空气侵入, 是触发暴雨产生的重要机制, 具有一定的预报指示意义”相一致。

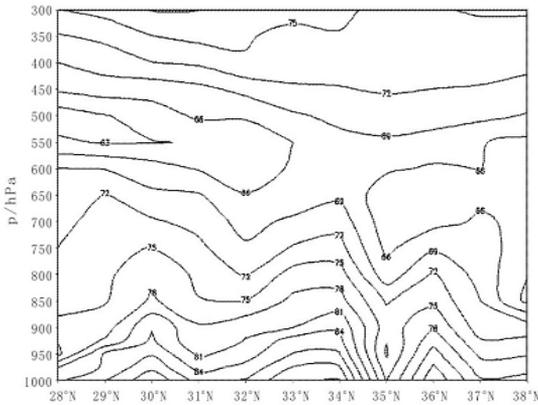


图5 2007-07-28T20 θ_{sc} 沿 110°E 纬度—高度剖面图 (单位: $^{\circ}\text{C}$)

5 动力条件分析

5.1 涡度和散度场

29日02时的涡度场(图略), 暴雨区上空900~300 hPa为正涡度区, 500 hPa量值最大, 为 $6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 正涡度区上升到300 hPa高度, 说明暴雨区上空为一深厚的气旋性涡旋, 有利于对流的发展。250 hPa以上为负涡度区, 最大量值在200 hPa, 为 $-8 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。表明在强降雨区上空对流层中低层为强烈辐合、高层辐散, 有利于上升运动和强降雨的发生和发展。29日02时的散度场(图略), 暴雨区上空800~600 hPa为辐合区, 最强辐合在700 hPa层, 量值为 $(-3 \sim -4) \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$; 600~300 hPa为辐散区, 但辐散很弱, 为量值为 $(0 \sim 1) \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$; 300~200 hPa又为辐合区, 为 $-4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$; 200 hPa以上均为辐散区。散度垂直分布从对流层低层到高层呈现

辐合—辐散的双重结构, 这种双重结构在陕西特大暴雨中曾出现过, 研究表明, 这种结构非常有利于对流的发生发展^[3-4]。

5.2 垂直运动

从29日02时沿 34°N 经度—高度剖面图(图略)可以看出, 这次暴雨过程垂直运动发展比较旺盛, 暴雨区上空700~300 hPa都为上升区, 最大上升气流出现在700~400 hPa, 商洛上空的上升速度达 $(-3 \sim -2) \times 10^{-3} \text{ hPa/s}$, 上升运动为大降雨提供了必要的抬升条件。

6 小结

6.1 贝加尔湖的阻塞高压使中高纬环流形势稳定, 河套低涡、副高位置稳定少动, 商洛处于稳定的东高西低的环流形势是本次暴雨的大尺度环流背景。

6.2 低层低空急流造成暖湿空气的输送, 为暴雨区输送了充沛的水汽和能量, 中空空东北路干冷空气向低层暖湿空气的侵入加强了大气对流不稳定, 有利于产生强降水。

6.3 暴雨区上空900~300 hPa都为正涡度区, 为一深厚的气旋性涡旋, 有利于对流的发展, 雨区垂直运动发展旺盛且深厚, 为大降雨提供了抬升条件。散度垂直分布从对流层低层到高层呈现辐合—辐散的双重结构, 有利于对流的发生发展。

6.4 造成这次商洛暴雨的对流云团是比较明显的中- α 尺度对流云团, 维持时间10 h以上, 水平尺度在200 km范围。

参考文献:

- [1] 杜继稳, 张弘, 孙伟, 等. 关于突发性暴雨的初步研究 [J]. 灾害学, 2002, 17 (增刊): 53-58.
- [2] 李社宏, 胡淑兰. 副高西北侧一次区域性大暴雨天气过程分析 [J]. 陕西气象, 2007 (2): 4-8.
- [3] 刘勇, 杨东宏. 黄土高原一次局地特大暴雨过程分析 [J]. 大气科学研究与应用, 2004 (1): 57-64.
- [4] 刘勇, 王楠, 李平. 急流次级环流对陕南一次特大暴雨过程的作用 [J]. 干旱气象, 2006 (4): 25-29.